

Perforationskanonensystem mit selbstverschließenden Durchschusslöchern

Die Erfindung betrifft eine Perforationskanone nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 3.

5 Perforationskanonen werden in Tiefbohrlochsprengungen in der Erdöl- und Erdgasindustrie zur Anbindung der Bohrung an den Speicherhorizont eingesetzt.

Eine Perforationskanone besteht aus einem äußeren Kanonenrohr in dessen Innerem Perforatoren – üblicherweise Hohl- oder Gekhossladungen – angeordnet sind, die bei Zündung radial nach außen durch das Kanonenrohr schießen. Im Kanonenrohr verbleiben nach dem Schuß Durchschusslöcher.

10 Zur Zündung der Perforatoren führt eine Sprengschnur durch das Kanonenrohr, welche bei Zündung die Perforatoren zur Zündung veranlasst.

Problematisch bei diesem Verfahren sind Rest- und Bruchstücke der Perforatoren und der Bauteile im Inneren des Kanonenrohrs, die nach dem Schuss durch die Durchschusslöcher in die Bohrung fallen können. Um diesen „debris“ (Bruchstücke der Perforatoren) zu vermeiden wird in der WO 00/49 271 vorgeschlagen, zum selbstständigen Verschließen der Durchschusslöcher ein außerhalb des Kanonenrohrs auf der Außenwand des Kanonenrohrs aufliegendes verschiebbares Schieberohr nach dem Schuss durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den Durchmesser des Durchschusslochs zu verschieben. Dieses System hat in Horizontalbohrungen Nachteile, da hier das Schieberohr auf der „Casing Innenwand“ aufliegt und dadurch ein Verschieben des Schieberohrs erschwert ist. Mit Casing ist das in die Bohrung eingebrachte äußerste Rohr gemeint, in das die Perforationskanone eingelassen wird.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Perforationskanone nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so zu verbessern, dass mit einfachen und sicheren

Mitteln ein Austreten von Bruchstücken aus dem Kanonenrohr in die Bohrung vermieden wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe in einer ersten Ausführungsform dadurch gelöst, dass die Mittel zum selbsttätigen Verschließen Kartuschen mit einem
5 quellfähigen 2-Komponenten-Schaum umfassen und diese Kartuschen im Kanonenrohr angeordnet sind und durch die gezündete Sprengschnur aufbrechbar sind, wodurch Schaum aus den Kartuschen austritt, aufquillt und die Durchschusslöcher verstopft.

In bevorzugter Ausführungsform ist jeweils einem Perforator eine Kartusche be-
10 nachbart angeordnet.

Bei Perforationskanonen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3, d. h. Perforationskanonen mit einem äußeren Kanonenrohr, in dessen Inneren Perforatoren angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr führende Sprengschnur zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr an Durchschusslöchern durch-
15 schlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschusslöcher vorgesehen sind und diese Mittel ein Schieberohr umfassen, welches nach dem Durchschuss durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den Durchmesser des Durchschussloches verschiebbar ist, wird vorgeschlagen, dass das Schieberohr
20 coaxial zwischen den Perforatoren und dem Kanonenrohr angeordnet ist. Hierdurch wird mit einfachen und sicheren Mitteln ein Austreten von Bruchstücken aus dem Kanonenrohr in die Bohrung vermieden. Bei Horizontalbohrungen, bei denen die Außenwand auf der Casing Innenwandung aufliegt, ist ein Verschieben des Schieberohrs sicher möglich.

In bevorzugter Ausführungsform ist das Schieberohr in seiner Ausgangsposition
25 über ein Sicherungselement fixiert, welches nach Zündung der Sprengschnur aufbricht und die Verschiebung des Schieberohrs freigibt.

Die Verstellvorrichtung kann eine gespannte Feder oder ein durch die Sprengschnur zündbares pyrotechnisches Element sein.

5 In bevorzugter Ausführungsform ist das Schieberohr auf der Seite, in die es sich verschieben soll, verschlossen und ist auf der anderen Seite offen, wodurch das Schieberohr wie ein Kolben ausgebildet ist, der durch den sich durch die Zündung der Perforatoren aufbauenden Druck verschiebbar ist.

10 Zur Fixierung des Schieberohrs nach dem Verschieben wird vorgeschlagen, dass das Schieberohr eine Wandstärke aufweist, die eine radiale Ausdehnung durch den im Kanonenrohr aufgebauten Druck nach der Zündung der Perforatoren zulässt.

Vorteilhafterweise ist zwischen dem Schieberohr und dem Kanonenrohr ein Fluid angeordnet. Mit diesem Fluid kann der Zeitpunkt der radialen Ausdehnung des Schieberohrs gesteuert werden.

15 Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung an Hand von vier Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein Kanonenrohr 1 einer Perforationskanone zur Verwendung in der Erdöl- und Erdgasindustrie zur Anbindung einer Bohrung an den Speicherhorizont. Das Kanonenrohr 1 ist an seinen beiden Enden durch jeweils einen Verbinder oder Abschluß 18 verschlossen. Im Inneren des Kanonenrohrs 1 ist ein Schieberohr 4 und darin ein Ladungsträger 9 angeordnet, an dem Perforatoren 10 befestigt sind. In den gezeigten Figuren sind diese Perforatoren 10 Hohlladungen. Zur Zündung dieser Perforatoren 10 ist eine Sprengschnur 11 an die jeweiligen Anzündpunkte der Perforatoren 10 geführt. Die Sprengschnur 11 ist durch die Ver-
25 binder oder Abschlüsse 18 in das Innere der Perforationskanone geführt.

Das Innenrohr bzw. das Schieberrohr 4 ist an einem Ende z. B. durch eine Kappe 5 verschlossen. Angrenzend an die Kappe 5 befindet sich ein Sicherungselement 7, hier ein Scherstift, der das Schieberrohr 4 vor dem Schuß derart befestigt, dass sich das Schieberrohr 4 nicht im Kanonenrohr 1 in Längsrichtung verschieben kann.

Im Kanonenrohr 1, gegenüber den Perforatoren 10, können Sollbruchstellen 3 eingebracht sein, so dass nach der Zündung der Perforatoren 10 der sich bildende Hohlladungsstrahl 12 (siehe Figur 2) ungehindert das Kanonenrohr 1 durchschlagen kann.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone unmittelbar nach der Zündung. Die Sprengschnur 11 hat die Perforatoren 10 gezündet. Der sich ausbildende Hohlladungsstrahl bzw. Hohlladungsjet 12 hat das Schieberrohr 4 und das Kanonenrohr 1 durchschlagen. Die Metallgehäuse der Perforatoren 10 zerlegen sich dabei und bilden Splitter- und Bruchstücke, die einen Teil des „debris“ bilden.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone unmittelbar nach dem Schuß. Der Hohlladungsstrahl 12 hat das Schieberrohr 4 am Durchschußloch 14 und das Kanonenrohr 1 am Durchschußloch 13 durchschlagen. Im Inneren des Schieberrohrs 4 hat sich ein Druck aufgebaut. Dieser Druck beaufschlagt das Schieberrohr 4 in die Richtung des Sicherungselements 7, da das Schieberrohr 4 an der Seite des Sicherungselements 5 durch eine Kappe 5 verschlossen ist und an der entgegengesetzten Seite offen ist. Im Inneren hat sich „debris“ 17 gebildet.

Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus der Perforationskanone nach dem Schuß. Durch den Druck im Schieberrohr 4 ist das Sicherungselement 7 abgesichert worden, wodurch das Schieberrohr 4 sich bis an den naheliegenden Verbinder oder Abschluß 18 verschoben hat. Dadurch können die verbleibenden Kleinteile bzw. der debris 17 nicht das Kanonenrohr 1 verlassen. Nicht gezeigt ist, dass sich das

Innenrohr 4 nach dem Schuß aufgebläht und damit mit dem Kanonenrohr 1 verkeilt hat.

Die Erfindung besteht also aus einem Mechanismus, der nach dem Schuss die Perforationslöcher bzw. Durchschußlöcher 13 in der Kanonenwandung 2 verschließt und somit ein Austreten des „debris“ 17 verhindert. Als Verschlussmechanismus können Schaumkartuschen oder wie beschrieben, ein Schieber- oder Rotationsmechanismus dienen. Im Falle der Schaumkartuschen werden einige Perforatoren 10 durch Kartuschen mit 2-Komponenten Schaum ersetzt. Durch die Sprengschnur 11, die die Perforatoren bzw. Ladungen 10 zündet, wird die Kartusche zur Umsetzung gebracht, der Schaum quillt auf und verstopft die Durchschußlöcher 13.

Beim Einsatz eines Schiebe- oder Rotationsmechanismus wird in die Kanone ein zweites Rohr, ein Schieberohr 4 eingesetzt, welches nach dem Durchschuss um mindestens den Durchmesser des Durchschusses 13 verschoben wird (entweder longitudinal; Schiebermechanismus oder transversal, Rotationsmechanismus). In Figur 1 ist der Verschiebeweg durch ein X (siehe Bezugszeichen 8) gekennzeichnet. Zur Bewegung des Innenrohrs bzw. zweiten Rohrs oder Schieberohrs 4 nach dem Schuss kann eine vorgespannte Feder dienen. Das Schieberohr 4 wird in der Ausgangsposition über ein Sicherungselement 7 fixiert, das z. B. durch die Sprengschnur 11 zerstört wird. Als Sicherungselement 7 können z. B. Bolzen, Sprengringe oder Schrauben dienen. Die Zerstörung kann z. B. auch über ein pyrotechnisches Element – eventuell auch mit Verzögerungssatz – erfolgen. Zur Bewegung des Schiebermechanismus bzw. des Schieberohrs 5 kann auch der Innendruck in der Kanone nach dem Schuss verursacht durch die Reaktionsprodukte der Explosivstoffe in den Perforatoren 10 dienen. Wird das Schieberohr 4 auf der Seite, in die es sich bewegen soll verschlossen und auf der anderen Seite geöffnet gehalten, kann sich dieses Schieberohr 4 wie ein Kolben bewegen. Der Innendruck kann sich nur durch die Perforationslöcher 14 und die Durchführungen 6 für die Sprengschnur 11 entlasten. Die Zeit bis zum vollständigen Druckabbau

ist ausreichend um das Schieberohr 4 zu verschieben und somit die Durchschusslöcher 13, 14 zu verschließen. Gleichzeitig bewirkt der Gasdruck ein Aufblähen des Schieberohrs 4 (bekannt auch für herkömmliche Perforationskanonen unter dem Begriff „Gun Swell“). Das sich ausdehnende Schieberohr 4 kann sich
5 mit der Innenwandung des Außenrohrs bzw. Kanonenrohrs 1 verkeilen und kann somit nicht zurückrutschen. Der Zeitpunkt dieser Ausdehnung kann z. B. über ein Fluid zwischen Innen- und Außenwandung kontrolliert werden. Hierzu kann z. B. Fett oder Silikonöl verwendet werden.

Patentansprüche

1. Perforationskanone mit einem äußeren Kanonenrohr (1), in dessen Innerem Perforatoren (10) angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr (1) führende Sprengschnur (11) zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr (1) an Durchschusslöchern (13) durchschlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschusslöcher (13) vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum selbsttätigen Verschließen Kartuschen mit einem quellfähigen 2-Komponenten-Schaum umfassen und diese Kartuschen im Kanonenrohr (1) angeordnet sind und durch die gezündete Sprengschnur (11) aufbrechbar sind, wodurch Schaum aus den Kartuschen austritt, aufquillt und die Durchschusslöcher (13) verstopft.
5
2. Perforationskanone nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils einem Perforator (10) eine Kartusche benachbart angeordnet ist.
10
3. Perforationskanone mit einem äußeren Kanonenrohr (1), in dessen Innerem Perforatoren (10) angeordnet sind, die über eine durch das Kanonenrohr (1) führende Sprengschnur (11) zündbar sind und nach Zündung das Kanonenrohr (1) an Durchschusslöchern (13) durchschlagen, wobei Mittel zum selbsttätigen Verschließen der Durchschusslöcher (13) vorgesehen sind und diese Mittel ein Schieberohr (4) umfassen, welches nach dem Durchschuss durch eine Verstellvorrichtung um mindestens den Durchmesser des Durchschussloches (13) verschiebbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Schieberohr (4) koaxial zwischen den Perforatoren (10) und dem Kanonenrohr (1) angeordnet ist.
15
20
4. Perforationskanone nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schieberohr (4) in seiner Ausgangsposition über ein Sicherungselement (7) fixiert ist, welches nach Zündung der Sprengschnur (11) aufbricht und die Verschiebung des Schieberohrs (4) freigibt.
25

5. Perforationskanone nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung eine gespannte Feder ist.
6. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung ein durch die Sprengschnur (11) zündbares pyrotechnisches Element ist.
7. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Schieberohr (4) auf der Seite, in die es sich verschieben soll, verschlossen ist und auf der anderen Seite offen ist und dadurch wie ein Kolben durch den sich durch die Zündung der Perforatoren (10) aufbauenden Druck verschiebbar ist.
8. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Schieberohr (4) eine Wandstärke aufweist, die eine radiale Ausdehnung und damit Fixierung im Kanonenrohr (1) nach dem Verschieben des Schieberohrs (4) durch den im Kanonenrohr (1) aufgebauten Druck nach der Zündung der Perforatoren (10) zulässt.
9. Perforationskanone nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Schieberohr (4) und dem Kanonenrohr (1) ein Fluid angeordnet ist.

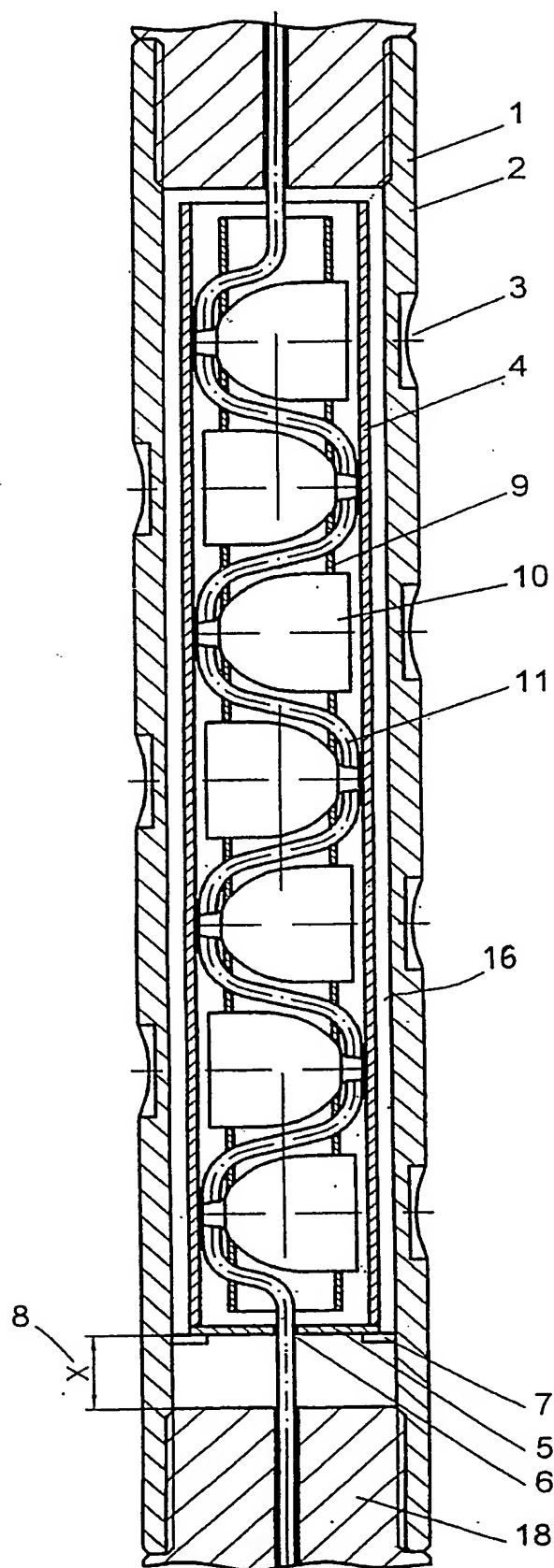


Fig.1

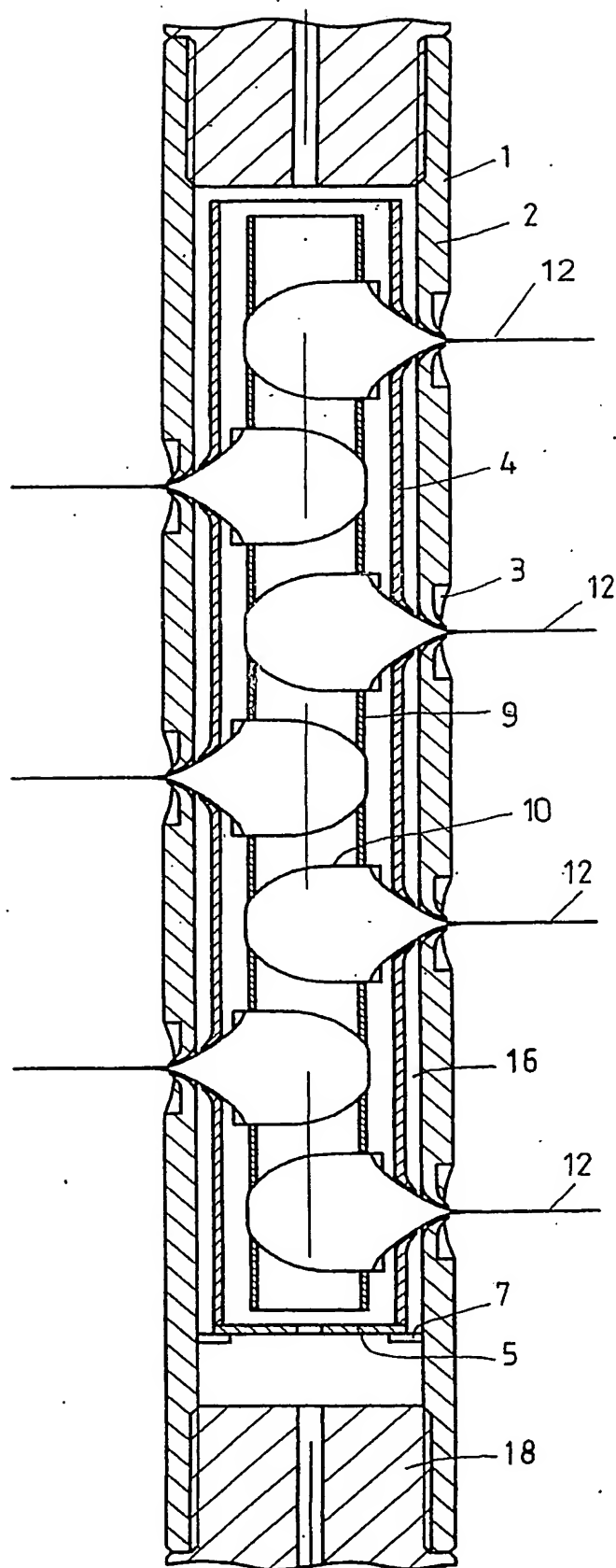


Fig.2

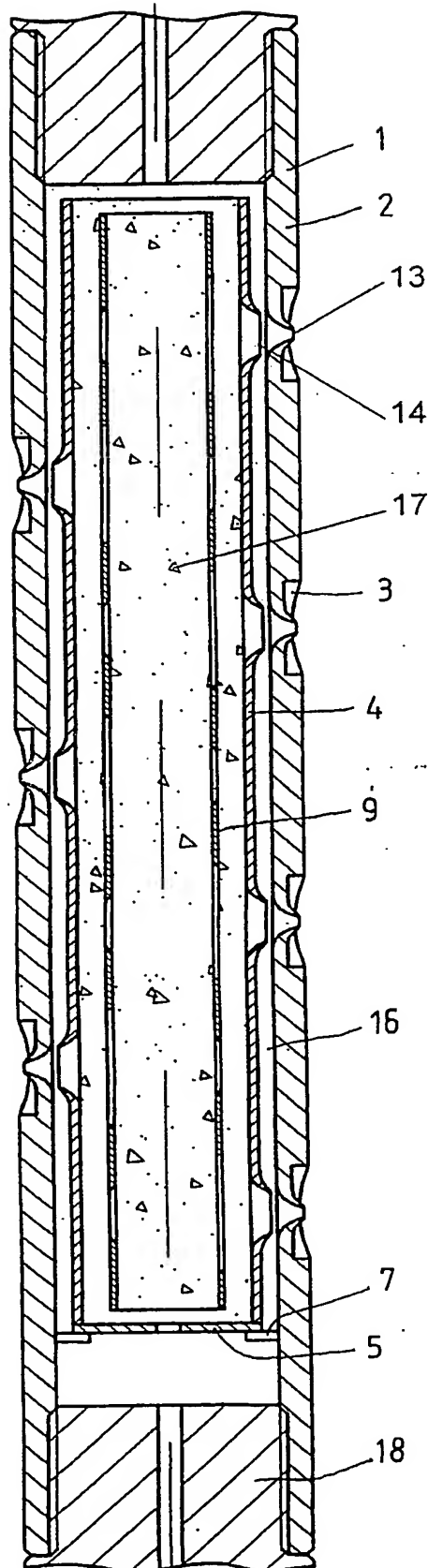


Fig. 3

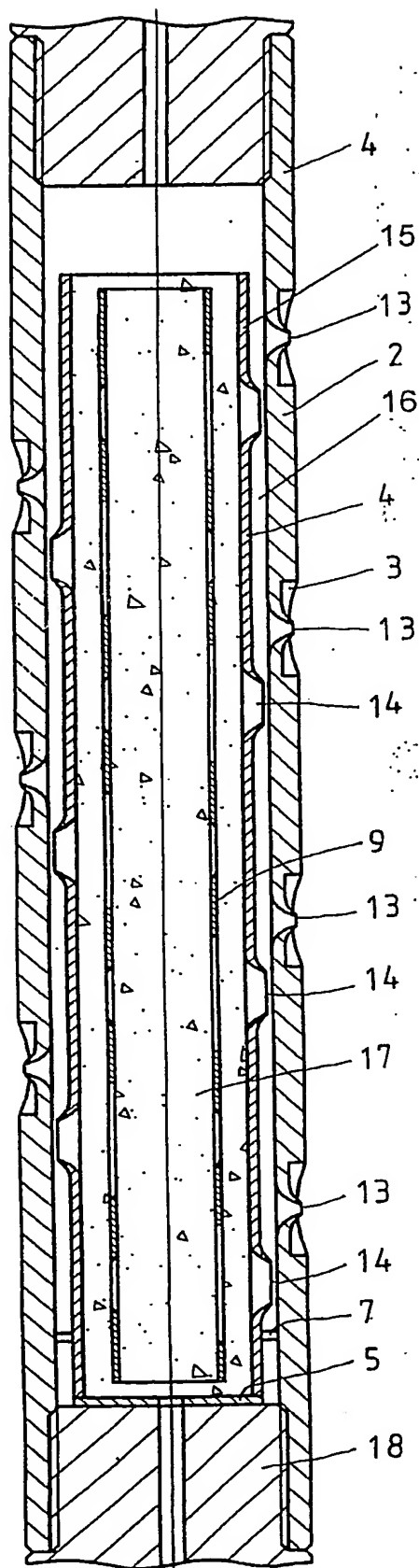


Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.